

(40)

焼酎蒸留粕の有効利用に関する基礎的研究

Fundamental Study on effective utilization of the *shochu* waste stillage

増田 純雄^{*}, 山内 正仁^{**}, 安井 賢太郎^{***}, 土手 裕^{*}, 丸山 俊郎^{*}
Sumio MASUDA^{*}, Masahito YAMAUCHI^{**}, Kentarou YASUI^{***},
Yutaka DOTE^{*} and Toshiro MARUYAMA^{*}

ABSTRACT; *Shochu* waste stillage which is the local vegetable industrial waste 44.8 ten thousand ton annually is discharged in Kyushu, and the disposal is dumping into sea and manuring the fields with dung. The *shochu* waste stillage is an organic substance of the natural derivation, and it is necessary to utilize effectively as resources.

In this study, for the purpose of examining solid-liquid separation in the squeezing filtration and the property of the squeezing filtrate of the *shochu* waste stillage, the squeezing hour was fixed for 5 minutes, and the squeezing filtration experiment in which sweet potato, pressure by the barley *shochu* waste stillage and aperture the wire gauze changed was carried out, and it seemed to obtain the result next. 1) 12.5kPa pressure was optimum by wire gauze of 120 μ m for the water content of the squeezing residue. 2) As for SS concentration in the squeezing filtrate for the sweet potato *shochu* waste stillage, sweet potato and barley *shochu* waste stillage became 600~830mg/L, 5,000~7,400mg/L with the wire gauze of 40 μ m respectively. 3) Ethanol in condensates was detected just after decompression and distillation starts in all distillation temperature, pressure, and about 20,000 mg/L. 4) The most suitable condition to collect ethanol was distillation temperature of 80 degrees Celsius, 27kPa of pressure, and distillation time of about 5 minutes.

KEYWORDS; *shochu* waste stillage, vegetable industrial waste, rice straw, squeezing filtration, blender.

1. はじめに

現在、地域的な植物性産業廃棄物である焼酎蒸留粕（焼酎粕）は、九州内で年間48万ton（2001年酒造年度）が排出されており、その処理処分の内訳は海洋投棄（16.2万ton）と陸上処理¹⁾（31.8万ton）である。焼酎を製造している鹿児島、宮崎両県では農業が盛んであると同時に畜産業も盛んであり、耕地面積当たりの平均家畜排泄物量はそれぞれ58, 70ton/ha・年である。宮崎県内の農業・家畜飼養が盛んな地域においては、家畜排泄物量が128ton/ha・年²⁾である。全国平均の耕地面積当たりの家畜排泄物量が18ton/ha・年と推計できることから、両県の耕地面積当りの家畜排泄物量が多いことが分かる。農家では経験的に、畜産堆肥を5~6t/10a・年程度施肥していることから、堆肥の施肥に加えて、植物性産業廃棄物（焼酎粕の農地還元量：3~10t/10a・年）の農地還元、堆肥化は環境への環境負荷が大きいと考えられる。

焼酎粕は一般にBOD濃度が数万mg/Lの高濃度で5~10%の固形分を含んでおり、粘度が高くフィルタープレス等による固液分離が難しい³⁾と言われているが、現在、スクリーデカンターを用いた固液分離が行われている。この方法では、分離液のSS濃度が麦蒸留粕、甘藷粕でそれぞれ5,000~7,000, 1,000~3,000mg/Lと報告⁴⁾されている。

著者らは、焼酎粕の地域資源循環システムを考え、焼酎粕に重量比で稲ワラを添加し粉碎混合後、1kPaの

^{*}宮崎大学工学部土木環境工学科 (Dept. of Civil & Environmental Engineering, Miyazaki University)

^{**}鹿児島工業高等専門学校土木工学科 (Dept. of Civil Engineering, Kagoshima National College of Tech.)

^{***}宮崎大学大学院生 (Master Course Student at Graduate School of Engineering, Miyazaki University)

圧力で30分間圧搾ろ過し、固形分については、家畜の飼料化と育苗ポットの作製を行った。その結果、飼料については、市販の配合飼料と同等の成分を有しており、また、育苗ポットについては、肥料効果を有する環境配慮型製品と成り得ることを報告^{5),6),7)}した。さらに、このような製品課程で生じる排液中（圧搾ろ液）のSS濃度が1,000mg/L以下に低下することも報告²⁾した。しかし、圧搾ろ過時の圧力と圧搾ろ液の有効利用については検討していない。

本研究では、焼酎粕の圧搾ろ過時における圧力と圧搾ろ液の有効利用を検討する目的で、圧搾時間を5分間に固定し、甘藷、麦焼酎粕による圧搾ろ過実験とろ液の性状分析を行い、圧力と含水率、ろ液中のSS濃度の関係および蒸留液（凝縮液）の成分について若干の知見が得られたので報告する。

2. 焼酎蒸留粕の地域循環資源化システム

現在、焼酎粕の処理方法⁸⁾は海洋投棄と陸上処理（肥料化、飼料化、生物処理、焼却処理）に区分されている。九州における焼酎粕の処理別数量から、宮崎県では焼酎粕の海洋投棄が2.3tonで全体の約2.3%であるが、鹿児島県では海洋投棄は12万tonで全体の約51.2%となり、九州全体では約32%が海洋投棄されている。両県によって海洋投棄分の割合が異なる理由は、農地還元として焼酎粕をそのままの状態では農地に散布する量が宮崎県では1作当たり3ton/10a（平成15年度から全面禁止）、鹿児島県では一年当たり3.0ton/10aと定められているためであると考えられる。焼酎粕は甘藷や麦などを原料とする自然由来の植物性産業廃棄物である

ため、このようなことを考慮すると、図-1に示すような焼酎粕の地域循環資源化システムが考えられる。すなわち、

1) 産業廃棄物である焼酎粕と稲わらを粉碎器で粉碎混合後、圧搾ろ過し、ろ過残渣物に適量の穀類を添加することにより、栄養バランスの取れた家畜飼料が作製できる。家畜の糞尿は堆肥となり、植物生産（水稻や甘藷）に利用され、それが焼酎の原料となる。さらに、圧搾残渣物は農業用資材（ポット、苗床）としても利用できる。2) 圧搾ろ液は、酵母菌、白色腐朽菌を培養し、増殖微生物は圧搾残渣物と混合し飼料の原料とする。或いは、減圧蒸留により、有用な有機物のみを抽出し、それを生物学的脱窒（水道原水、地下水、下水の脱窒）の有機炭素源として利用すると共に、減圧濃縮残渣物は飼料の原料とする。3) ①、②点に切り

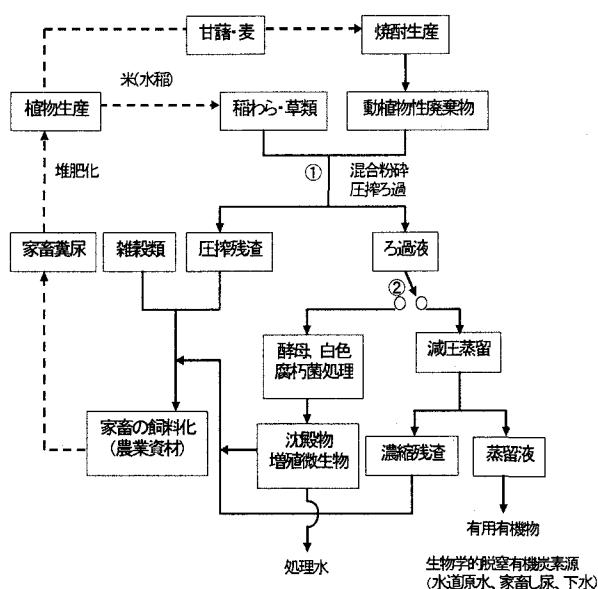


図-1 植物性産業廃棄物の地域循環資源化システム

替えスイッチを設けることにより、切り替え①では飼料化のみを選択できるが、稲わら添加量と穀類の添加量が増大する。切り替え②では微生物増殖か減圧蒸留のいずれかを選択できる。このような方法により、地域で発生する焼酎粕（植物性産業廃棄物）を資源として循環利用できるシステムが構築できると考える。

3. 実験装置と実験方法

圧搾ろ過実験装置は図-2に示すように、試料の加圧部分とろ過部分から構成されている。加圧部分では、圧力を指示計器で設定し、ピストンに掛ける圧力をACサーボモーターとセンサーによって調節できる。圧

搾部分は、穴あきアクリル板（直径：10.5cm，穴径：5mm），アクリル円筒（直径：10.5cm，深さ14cm），金網（目開き：40 μ m，120 μ m，200 μ m，280 μ m，500 μ m）とピストンから構成されている。焼酎粕と稲ワラを混合粉碎（混合試料）した後，圧搾ろ過を行い，固液分離を行った。混合試料の作製は，焼酎粕（甘藷粕，麦粕）100gと長さ約1cmに切断した稲ワラ（110 $^{\circ}$ C $\pm$ 3 $^{\circ}$ Cで約3時間乾燥）をオスターブレンダー（粉碎機，16,800rpm）で，粉碎混合後，焼酎粕と稲ワラを十分なじませるため約10分間放置する。なお，甘藷粕のSS濃度は27,800mg/L，含水率：94.7%，麦粕のSS濃度は37,300mg/L，含水率：89%である。粉碎時間は，甘藷焼酎粕3分，麦焼酎粕5分であり，稲ワラ添加量は甘藷で3g，麦では4gとした²⁾。実験は，甘藷粕，麦粕とも原液と混合試料の2通りで圧搾ろ過を行った。混合試料を圧搾部に流し込み，底部の金網の目開き（40～500 μ m）と圧力（5.0～2.5kPa）を変量とした。圧搾ろ過時間とSS濃度の関係から，圧搾ろ過5分以降はSSの変化が余らないために，圧搾時間を5分に固定した。圧搾ろ過後，圧搾残渣物と圧搾ろ液に分離し，圧搾残渣物は乾燥機（110 $^{\circ}$ C $\pm$ 3 $^{\circ}$ C）で3時間乾燥後，含水率を測定した。また，圧搾ろ液は装置底部のメスシリンドラで時間毎のろ液量とSS，TOC濃度を測定した。なお，焼酎粕の含水率，熱熱減量は下水試験法⁹⁾，TOC濃度は全有機炭素測定器（島津製作所：TOC-5000）で測定した。

ろ液の減圧蒸留は，ウォーターバス付ロータリーエバポレーターにバキュームポンプとバキュームコントローラーを取り付けた装置で行った。蒸留実験は圧搾ろ液を1Lの回転フラスコに300ml入れ，ウォーターバスで所定の温度（60 $^{\circ}$ C，70 $^{\circ}$ C，80 $^{\circ}$ C）で減圧蒸留を行った。蒸留液はバキュームコントローラーで圧力を調整し，凝縮液を50mlずつ100ml回収した。なお，フラスコの回転数は150rpmとした。得られた凝縮液の成分はガスクロマトグラフィー（HEWLETT PACKARD：HP5890，カラム：DB-WAX ϕ 0.53mm $\times$ 30m），高速液体クロマトグラフィー（島津製作所：LC10A，カラム：Shim-pack ϕ 8mm $\times$ 30cm $\times$ 2）を用いてアルコール，アルデヒド及び有機酸類を測定した。

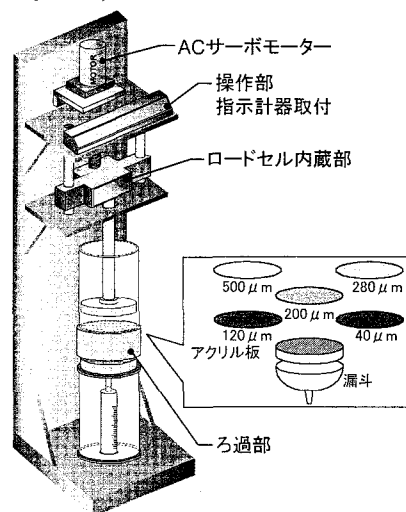


図-2 圧搾ろ過実験装置

4. 実験結果と考察

4. 1 甘藷粕の圧搾ろ過

甘藷粕の実験では，先に報告した実験結果²⁾を勘案して，稲ワラ添加率3%，粉碎時間3分の実験条件で行い，金網の目開き（40～500 μ m）と圧力（5～12.5kPa）を変化させて行った。なお，以下の実験データは3回の平均値を示す。図-3に，甘藷粕（甘藷粕原液），混合試料圧搾ろ過渣物の含水率と金網の目開きの関係を示す。甘藷粕原液では，圧力を5～12.5kPaに変化させた場合，金網の目開き120 μ m以上での圧搾残渣物の含水率は平均で89.4%である。一方，金網の目開き40 μ mでは，圧搾残渣物の含水率は平均で92%となった。このように，甘藷粕原液を圧搾ろ過した時の含水率が92%であることから，金網の目開きが大きい程含水率は低下する傾向にある。甘藷粕に，稲ワラを3%添加し，3分間粉碎混合後，圧力を変化させ圧搾ろ過した場合，圧搾残渣物の含水率は84%～87%の範囲であり，平均値は85%であった。原液の含水率と比較すると，約7%低下していることが

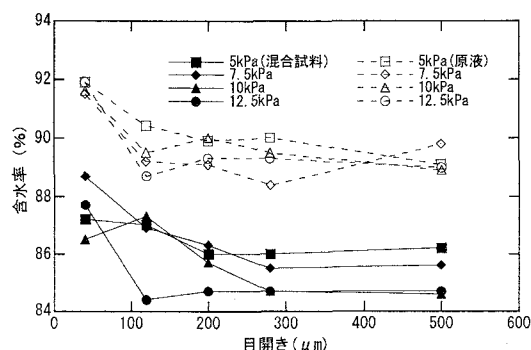


図-3 甘藷焼酎蒸留粕における含水率と目開きの関係

分かる。特に、圧力 10.0 kPa では、金網の目開き 40 μ m で 86%, 120 μ m ; 87%, 200 μ m ; 84.7%, 280 μ m ; 84.7%, 500 μ m ; 84.6%と減少した。目開き 40 μ m で圧搾ろ過した場合には、各圧力によりデータがばらついていて、これは先に報告^{10),11)}したように、甘藷粕の粘度が非常に高く、水 (0.001Pa $\cdot$ s : 20 $^{\circ}$ C) の約 80 倍であることと、甘藷粕 (原液) の粒径分布が 60 $\sim$ 3350 μ m の間に分布し、甘藷粕粉碎後の粒径分布が 0.1 $\sim$ 100 μ m に小さくなることから、稲わらで形成された繊維膜を通過した粒径 40 μ m 以上の固形物が網目を塞いだためと考えられる。

以上のように、圧搾ろ過時の圧力を 5 $\sim$ 12.5 kPa に変化させた場合、甘藷粕原液では圧搾残渣物の含水率はろ過部の金網の目開き 120 μ m 以上ではほとんど影響が無いことが判明した。一方、混合試料では含水率が圧力の増加と共に減少する。これは甘藷粕に稲わらを添加することにより、原液に比べて含水率は 7%程度減少したことを示す。

図-4に混合試料圧搾時に生じるろ液中のSS濃度と目開きの関係を示す。混合試料では、金網の目開き 40 μ m では圧搾ろ液中のSS濃度は 600 $\sim$ 830mg/L となり、圧力の影響はほとんど受けなかった。目開き 120 μ m 以上では、圧力の増加と共にろ液中のSS濃度が若干高くなる傾向を示した。目開き 500 μ m ではSS濃度が 3,300 $\sim$ 8,000 mg/L となった。

甘藷粕原液は、混合試料と同様に目開き 40 μ m では圧力の影響はほとんど受けなかったが、ろ液量は混合試料の半分程度 (20mL) と少なく、ろ液中のSS濃度は 1,010 $\sim$ 1,320mg/L となった。目開き 120 μ m 以上では、混合試料と同様の傾向を示したが、目開き 500 μ m ではSS濃度が 13,000 $\sim$ 19,600 mg/L と急激に高くなった。このように、甘藷粕、麦粕は、目開きが 280 μ m 以上になると圧力の影響を強く受けることが判明した。このことは、甘藷粕の粒径が 60 $\sim$ 3,350 μ m の間に分布し、有効径が 80 μ m であるために、目開き 500 μ m ではほとんどの固形物が通過するためである。さらに、甘藷粕を粉碎すると粒径が 0.1 $\sim$ 100 μ m の間に粉碎され、固形物の有効径が小さくなること、更に、圧力を瞬時に掛けるために稲ワラの繊維膜に固形物が取り込まれにくくなるためであると考えられる。混合試料を圧搾ろ過した時のろ液中のSS濃度が低い条件は目開き : 40 μ m、圧力 : 5kPa であり、ろ液中のSS濃度は 600mg/L である。

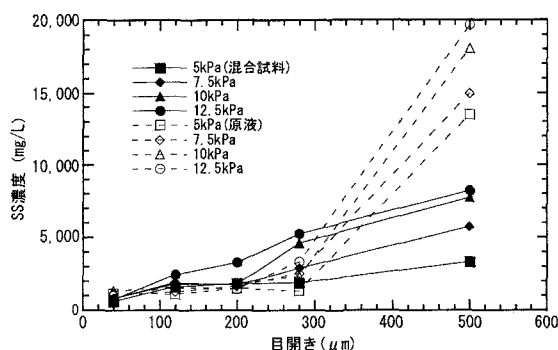


図-4 甘藷焼酎粕における金網の目開きとSS濃度の関係

4. 2 麦粕の圧搾ろ過

麦粕の実験は、甘藷粕と同じ実験条件で行い、金網の目開きと圧力を変化させて行った。図-5に麦粕原液、混合試料圧搾ろ過圧搾残渣物の含水率と金網の目開きの関係を示す。麦粕原液の場合、圧力 5.0 kPa で金網の目開きにより、圧搾残渣物の含水率は 85, 83, 82, 80%と減少しているが、圧力 7.5 kPa 以上で、金網の目開き 200 μ m では圧搾残渣物の含水率は平均で 79%となる。一方、混合試料では、金網の目開き 280 μ m で含水率が若干高くなっているが、平均含水率は 77%となった。このように麦粕の圧搾ろ過残渣物の含水率が先述し

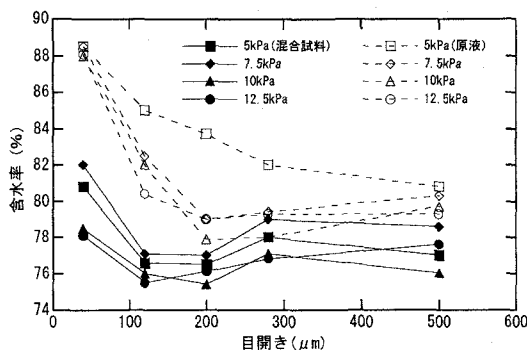


図-5 麦焼酎粕における金網の目開きと含水率の関係

た甘藷粕(図-3)に比べて低い原因は、1) 麦粕の粒径分が $0.4\sim 10\mu\text{m}$ の間に分布し、固形物の有効径は $2.5\mu\text{m}$ 、均等係数は2.4と小さい。2) 粉碎後の麦粕は固形物の粒径が $0.6\sim 10\mu\text{m}$ の間に分布し、麦粕は甘藷粕に比べて粒径が小さい。3) 麦粕は甘藷粕に比較してセルロース濃度、粘性がそれぞれ $1/2$ 、 $1/8$ と低く、さらりとした性状であるためであると考えられる。麦粕の場合、最も含水率が低い条件は金網の目開き： $200\mu\text{m}$ 、圧力： 10kPa であり、その時の含水率は75.4%である。

図-6に圧搾ろ液中のSS濃度と目開きの関係を示す。混合試料の圧搾ろ過時の圧力範囲では、金網の目開き $40\mu\text{m}$ でのSS濃度が $5,000\sim 7,400\text{mg/L}$ であり、この時SS濃度が最も低く、圧力の影響が少ないことを示す。金網の目開き $120\mu\text{m}$ 以上では、圧力の増加と共にろ液中のSS濃度が増加し、目開き $500\mu\text{m}$ では圧力 12.5kPa でSS濃度が $33,200\text{mg/L}$ となった。このように、ろ液中のSS濃度が高い原因は、麦粕では粉碎後の固形物の粒径が $0.6\sim 10\mu\text{m}$ と小さいため、圧搾ろ過時に稲わらによる繊維ろ過膜が形成されても固形物が補足できないためである。図から明らかなように、混合試料と麦粕原液によるろ液中のSS濃度に余り差は無く、麦粕は固液分離が難しいことが判明した。この原因は麦粕の固形分粒径と粘性に起因していると考えられる。この圧搾ろ液中のSS濃度はスクリュードセンターを用いた麦粕処理(分離液のSS濃度： $5,000\sim 7,000\text{mg/L}$)と同程度の値である。したがって、圧搾ろ過後のろ液を減圧蒸留し、さらに固形分と凝縮液に分離し、前者は液肥、後者は生物学的脱窒の有機炭素源として有効利用できることが考えられる。

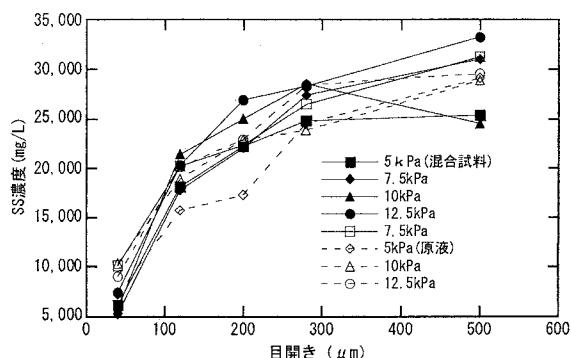


図-6 麦焼酎粕における金網の目開きとSS濃度の関係

4. 3 減圧蒸留による凝縮液の特性

金網の目開き $40\mu\text{m}$ で圧力を変化させた甘藷粕の圧搾ろ過実験では、圧搾ろ液中のSS濃度は $600\sim 830\text{mg/L}$ となり、圧力の影響はほとんど受けないことが判明した。そこで減圧蒸留は、圧搾条件を圧力 5kPa 、金網の目開き $40\mu\text{m}$ で行ったろ液を利用した。

図-7に減圧蒸留時の圧力と蒸留温度を変化させたときの蒸留時間の変化を示す。蒸留温度 80 、 70 、 60°C での沸騰圧力はそれぞれ 35 、 27 、 17kPa であり、その時の蒸留速度は 1.35 、 1.4 、 2.38mL/min である。各温度における沸騰圧力から圧力を低下させると蒸留速度は増加し、蒸留時間 5 分では 10mL/min となる。図中の凝縮液①、②はそれぞれ、蒸留当初の凝縮液 50mL (以下、凝縮液①)と次の凝縮液 $50\sim 100\text{mL}$ (以下、凝縮液②)の回収を示し、凝縮液①、②の回収時間はほぼ等しいことが分かる。また、蒸留温度を固定し、圧力を下げると蒸留時間が短縮できることが分かる。蒸留温度を下げると、圧力が高いところでは、圧搾ろ液が沸騰しなくなる。そのため、凝縮液の回収を行う場合には、蒸留温度に合わせた圧力をかける必要がある。

減圧蒸留に用いた甘藷粕のTOCは $27,000\text{mg/l}$ であり、圧搾ろ液のTOCは $20,940\text{mg/l}$ である。表-1、2に減圧蒸留時の温度を固定し、圧力を

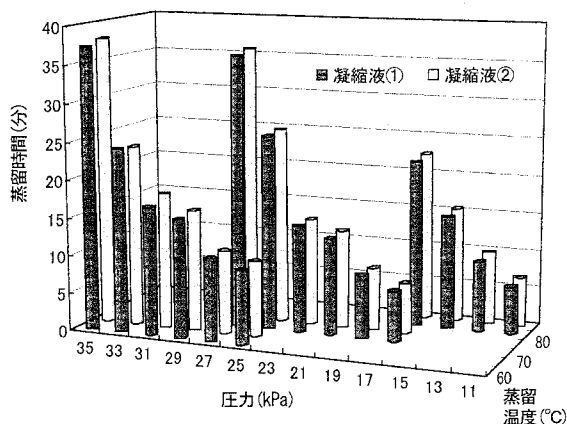


図-7 減圧蒸留時の圧力と蒸留温度、時間の関係

変化させた時の凝縮液①, ②の各成分を示す。凝縮液①ではアルコール類はメタノール, エタノール, n-プロピルアルコール, i-アミルアルコール, β-フェネチルアルコールの成分であるが, 凝縮液②では n-プロピ

表-1 凝縮液①の成分

成 分		アルコール					有機酸		アルデヒド	炭素 換算	TOC
		メタノール	エタノール	n-プロピル アルコール	i-アミル アルコール	β-フェネチル アルコール	ギ酸	酢酸	フル フラール		
温度 (°C)	圧力 (kPa)	沸点℃	78.3	97.2	132	219	100.5	118.1	161.6		
80	35	233	19,824.1	3.2	0.8	77.6	4.1	152	59.9	10,577	11,490
	33	261	22,216.7	3.6	1.2	73.8	0	132	63.6	11,825	12,400
	31	230	20,605.6	3.4	0.8	67.2	3.8	140	61.6	10,971	12,060
	29	233	20,625.0	3.3	1.0	64.9	4.7	141	58.9	10,980	11,780
	27	142	18,584.6	2.7	0.9	45.1	4.3	162	24.8	9,854	10,680
	25	139	18,224.4	2.7	0.9	41.5	4.4	157	23.1	9,659	10,540

表-2 凝縮液②の成分

成 分		アルコール					有機酸		アルデヒド	炭素 換算	TOC
		メタノール	エタノール	n-プロピル アルコール	i-アミル アルコール	β-フェネチル アルコール	ギ酸	酢酸	フル フラール		
温度 (°C)	圧力 (kPa)	64.7	78.3	97.2	132	219	100.5	118.1	161.6		
80	35	23	1,180.4	0	0	72.0	4.7	174	8.2	756	1,250
	33	37	2,006.1	0	0	69.4	1.5	168	10.6	1,187	1,700
	31	48	2,968.4	0	0	64.2	4.7	169	14.3	1,693	2,120
	29	57	3,642.2	0	0	65.3	5.5	185	15.3	2,055	2,880
	27	39	3,553.0	0	0	45.8	5.4	211	8.0	1,992	2,100
	25	42	4,017.5	0	0	43.6	5.5	214	8.0	2,235	2,390

ルアルコール, i-アミルアルコールは検出されなかった。β-フェネチルアルコールは沸点¹²⁾が219℃と高いにもかかわらず, 凝縮液①, ②で測定された。表-1, 2から明らかのように, 凝縮液の主成分はエタノールであり, 凝縮液①, ②のエタノール濃度は, 18,000~22,200mg/L, 1,000~4,000mg/Lの範囲であった。有機酸はギ酸と酢酸であり, その濃度はそれぞれ0~5.5mg/L, 132~214mg/Lであった。凝縮液中に有機酸が含まれることにより, 凝縮液のpHは3.5~4.0である。凝縮液中のアルコール類, 有機酸, アルデヒドを炭素換算すると, 凝縮液①では9,659~11,825 mg/L, 凝縮液②では756~2,235 mg/Lとなった。凝縮液中の全TOCに比較して, 凝縮液①, ②はそれぞれ5~8%, 5~30%の未確認物質が含まれている。しかし, 凝縮液①ではほとんどのエタノールを回収できることが分かる。また, 蒸留温度70, 60℃の場合にもほとんど同様な結果が得られた。凝縮液のエタノール濃度と, 図-3の蒸留時間を考慮すると, 蒸留温度80℃では, 圧力27kPaで, 蒸留開始直後に得られる凝縮液50mlが有機物回収に最も有効であると考えられる。凝縮液②を得た後, さらに減圧蒸留した回収凝縮液中にはアルコール成分がほとんど含まれていなかった。このことから, 減圧蒸留では圧搾ろ液の16~30%程度を蒸留すれば良いことが分かる。なお, 凝縮液①で圧力を下げるとエタノール濃度が低くなる原因として, 急激な圧力低下により, 蒸留に多量の熱エネルギーが奪われ, 回転フラスコ内の温度が低下したためだと考えられる。また, 凝縮液①, ②を比べると沸点の低い成分はほとんど減圧蒸留開始直後に回収されることが分かる。

以上の結果から, 焼酎蒸留後の焼酎粕をさらに減圧蒸留することにより, 回収される有機物(アルコール類, 有機酸)は生物学的脱窒の有機炭素源として有効利用でき, 焼酎粕の減量化にも役立つと考えられる。

5. おわりに

本研究では, 焼酎粕の圧搾ろ過時における圧力の影響と圧搾ろ液の有効利用を検討する目的で, 圧搾時間を5分間に固定し, 甘藷粕, 麦粕による圧搾ろ過実験とろ液の減圧蒸留を行い, 次のような結果が得られた。

1) 圧搾残渣物の含水率は120μmの金網で12.5kPaの圧力が最適であった。2) 圧搾ろ液中のSS濃度は, 40μmの金網で, 甘藷焼酎粕は600~830mg/L, 麦焼酎粕は5,000~7,400mg/Lとなった。3) 圧搾ろ過時に10~40μmの金網の目開きを使用し, 高圧力を加えることで低濃度のSS, 含水率の残渣物を得ることが可能であった。

4) 甘藷粕中のアルコールはすべての温度、圧力条件において蒸留開始直後に多く回収され、濃度は約 20,000mg/L である。5) エタノールを回収する最適条件は、蒸留温度：80℃、圧力：27kPa、蒸留時間：5 分であった。今後、この初期段階で得られた凝縮液を生物学的脱窒の有機炭素源として用いた脱窒実験を行い、凝縮液が有機炭素源として利用できるか否かを検討する予定である。なお、本研究は平成 14 年度文部科学省科学研究費（基盤研究◎（2）課題番号 13650602）の補助を受けたことを付記し、関係各位に感謝いたします。また、凝縮液の成分分析に御協力を頂いた宮崎県食品開発センター応用微生物部および焼酎粕を提供して頂いた（株）雲海酒造に衷心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 鹿児島県酒造組合連合会；平成 13 年酒造年度本格焼酎原料別精製数量と蒸留粕の処理別・月別数量，2002.
- 2) 増田純雄，山内正仁，淵上勲，土手裕，丸山俊朗；植物性産業廃棄物の飼料化に関する研究，環境工学論文集，37 巻，2000.
- 3) (財) 日本醸造協会；本格焼酎製造技術，1991.
- 4) 山内正仁；焼酎蒸留粕を用いた蘇生紙の作成法とその有効利用に関する基礎的研究，学位論文，2000.
- 5) Masahito Yamauchi, Masato Kihara, Sumio Masuda, その他；Fundamental Study on Practicality of resource Recycling Goods Made from Sweet Potato Waste Stillage, Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering, 2003.
- 6) 山内正仁，増田純雄，木原正人；焼酎蒸留粕を用いた資源循環型製品の開発に関する研究，環境工学研究論文集，Vol.38，2001.
- 7) 山内正仁，増田純雄，木原正人，米山兼二郎；焼酎蒸留粕で作製した資源循環型ポットを用いたミニトマトの生育試験，環境工学研究論文集，Vol.39，423～430 頁，2002.
- 8) 三菱総合研究所；焼酎蒸留粕の処理・リサイクル技術，1998.
- 9) 下水試験法；下水道協会，1997.
- 10) 淵上勲，中井貴広，増田純雄，山内正仁；麦焼酎蒸留の飼料化に関する研究，土木学会西部支部講演概要集，2001.
- 11) 淵上勲，増田純雄，山内正仁；焼酎蒸留粕の飼料化とその性状特性，土木学会全国大会講演集，VII-307，2001.
- 12) 生化学データブック；東京化学同人，1979.
- 13) 安井賢太郎，増田純雄，山内正仁，木原正人；焼酎蒸留粕の圧搾ろ液を減圧蒸留して得られる凝縮液の特性，土木学会西部支部講演概要集，2002.